

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-068011

(43)Date of publication of application : 16.03.2001

(51)Int.Cl.

H01J 1/304

H01J 1/30

H01J 29/04

H01J 31/12

(21)Application number : 11-238960

(71)Applicant : JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY CORP  
NATL INST FOR RES IN INORG MATER

(22)Date of filing : 25.08.1999

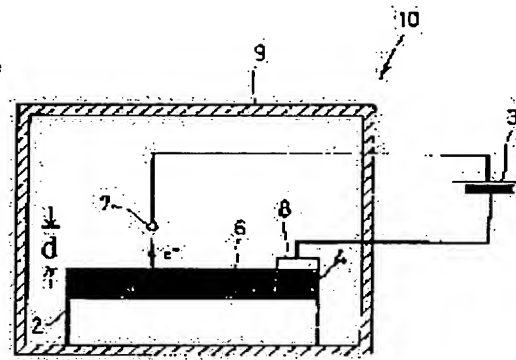
(72)Inventor : ANDO HISAHIRO  
SATO YOICHIRO  
GAMO MIKA

## (54) n-TYPE DIAMOND ELECTRON EMISSIVE ELEMENT AND ELECTRONIC DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a superior n-type diamond electron emitting element and an electronic device capable of being constructed thin and flat, having a smaller threshold voltage for electron emission, and allowing effective use of the negative electron affinity force of diamond.

**SOLUTION:** An n-type diamond electron emitting element includes a high- vacuum vessel 9, which is equipped internally with an n-type diamond semiconductor 4 formed on a board 2, a surface 6 in NEA state formed by hydrogenating the surface of the diamond semiconductor, so that a hydrogenated surface is generated, an anode electrode 7 provided in the neighborhood of the mentioned surface, and a cathode electrode 8 formed on the partial surface of the n-type diamond semiconductor, whereby voltage is impressed using the semiconductor as cold cathode so that electrons are emitted.



BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-68011

(P 2 0 0 1 - 6 8 0 1 1 A)

(43) 公開日 平成13年3月16日 (2001. 3. 16)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
H01J 1/304		H01J 1/30	F 5C031
1/30		29/04	5C035
29/04		31/12	C 5C036
31/12		1/30	C

審査請求 有 請求項の数14 O L (全7頁)

(21) 出願番号 特願平11-238960

(22) 出願日 平成11年8月25日 (1999. 8. 25)

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71) 出願人 591030983

科学技術庁無機材質研究所長

茨城県つくば市並木1丁目1番地

(72) 発明者 安藤 寿浩

茨城県つくば市並木1-1 無機材質研究

所内

(74) 代理人 100082876

弁理士 平山 一幸 (外1名)

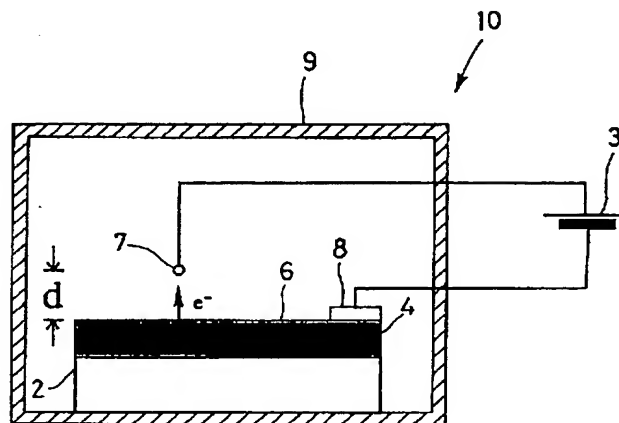
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 n型ダイヤモンド電子放出素子及び電子デバイス

(57) 【要約】

【課題】 薄型化及び平板化が可能で電子放出のしきい値電圧が小さく、ダイヤモンドの負の電子親和力を効果的に利用することのできる優れたn型ダイヤモンド電子放出素子及び電子デバイスを提供する。

【解決手段】 基板2上に形成したn型ダイヤモンド半導体4と、このダイヤモンド半導体の表面を水素化して水素化表面を形成したNEA状態の表面6と、この表面近傍に設けたアノード電極7と、n型ダイヤモンド半導体の一部表面に形成したカソード電極8とを高真空容器9内に備え、n型ダイヤモンド半導体を冷陰極として電圧を印加し電子を放出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型ダイヤモンド半導体と、このn型ダイヤモンド半導体表面を水素化して負の電子親和力を有する水素化表面と、この水素化表面に対向して設けたアノード電極とを備え、

上記n型ダイヤモンド半導体を冷陰極として電子を放出する、n型ダイヤモンド電子放出素子。

【請求項2】 前記水素化表面に対向した面上に前記アノード電極を一つ以上設けたことを特徴とする、請求項1記載のn型ダイヤモンド電子放出素子。

【請求項3】 前記水素化表面がマトリックス状に形成されていることを特徴とする、請求項1又は2記載のn型ダイヤモンド電子放出素子。

【請求項4】 前記n型ダイヤモンド半導体がマトリックス状のメサ構造を有していることを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載のn型ダイヤモンド電子放出素子。

【請求項5】 前記n型ダイヤモンド半導体表面の一部に酸化表面を形成していることを特徴とする、請求項1～4のいずれかに記載のn型ダイヤモンド電子放出素子。

【請求項6】 前記n型ダイヤモンド半導体表面が負の電子親和力及び正の電子親和力を有していることを特徴とする、請求項1～5のいずれかに記載のn型ダイヤモンド電子放出素子。

【請求項7】 前記n型ダイヤモンド半導体表面と前記アノード電極との距離を調節することにより電子放出しきい値電圧を変化させたことを特徴とする、請求項1～6のいずれかに記載のn型ダイヤモンド電子放出素子。

【請求項8】 n型ダイヤモンド半導体と、このn型ダイヤモンド半導体表面を水素化して負の電子親和力を有する水素化表面と、この水素化表面に対向して設けたアノード透明電極と、このアノード透明電極の表面に塗布した蛍光体とを備え、  
上記n型ダイヤモンド半導体を冷陰極として上記アノード透明電極により電子を引き出し、この電子が上記蛍光体に衝突し発光する、電子デバイス。

【請求項9】 前記アノード透明電極がバイアス電圧切り換え可能な複数のアノード透明電極であって、この複数のアノード透明電極ごとに蛍光体を塗布していることを特徴とする、請求項8記載の電子デバイス。

【請求項10】 前記アノード透明電極がカラーフィルターを備えていることを特徴とする、請求項8又は9記載の電子デバイス。

【請求項11】 前記水素化表面がマトリックス状に形成されていることを特徴とする、請求項8～10のいずれかに記載の電子デバイス。

【請求項12】 前記n型ダイヤモンド半導体がマトリックス状のメサ構造を有していることを特徴とする、請求項8～11のいずれかに記載の電子デバイス。

【請求項13】 前記n型ダイヤモンド半導体表面の一部に酸化表面を形成していることを特徴とする、請求項8～12のいずれかに記載の電子デバイス。

【請求項14】 前記n型ダイヤモンド半導体表面が負の電子親和力及び正の電子親和力を有していることを特徴とする、請求項8～13のいずれかに記載の電子デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

10 【発明の属する技術分野】この発明は冷陰極の電子放出源に利用し、電界により電子を放出するためのn型ダイヤモンドの電子放出素子及び電子デバイスに関する。

## 【0002】

【従来の技術】近時多く使われているブラウン管（以下、「CRT」という）は表示デバイスとして現時点で最適なものとされているが、そのサイズ、重量及び消費電力が小さくできないという解決すべき課題がある。これに代わり、最近では液晶ディスプレイが薄型表示素子として利用されている。しかし、この液晶ディスプレイにも、視野角が狭いこと、大面積化が困難であること、応答性が遅いこと、輝度が暗いこと等の解決すべき課題がある。

【0003】これらに対して、最近、真空マイクロエレクトロニクスの分野では、マイクロバキューム（超小型真空管）内に微細な電子エミッターをアレイ状に並べて電子線を各画素ごとに照射する表示方式が知られている。これは電子放出源として電界放出素子を用いて作製されることからフィールドエミッターディスプレイ（以下、「FED」という）と呼ばれている。このFEDでは電界放出型電子放出素子の微小電極が2次元状に配列され、電子の偏向及び収束が不要であり、表示装置が薄型化及び平板化等されている。

【0004】ところで、ダイヤモンドは5.5eVという広いバンドギャップを持つ半導体結晶であり、その水素化面では負の電子親和力（以下、「NEA」という）状態が観測され、電子放出素子としての応用が期待されている。

【0005】図8は半導体ダイヤモンドのバンド図と真空中での電子準位（真空準位）との関連を示す図であり、(a)は通常の半導体のバンド図、(b)はダイヤモンド半導体のバンド図を示す。なお、図8において、白丸は伝導電子、 $E_v$ は真空準位、 $E_c$ は伝導帯のエネルギー、 $E_v$ は価電子帯のエネルギー、 $E_g$ はエネルギーギャップ、 $X$ は $\{E_c - E_v\}$ で電子親和力を示す。

【0006】図8に示すように、通常の半導体では正の電子親和力（以下、「PEA」という）を有しているため伝導帯にある電子は真空中に放出されないが、負の電子親和力を有するダイヤモンド半導体表面と真空との間では伝導帯にある電子が何のバリアもなく真空中へ放出されることとなる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ダイヤモンドにおいてはp型半導体のみが合成可能であって、伝導帯に電子がほとんど存在しないため、伝導帯に電子を注入するにはHe放電による紫外線照射によってダイヤモンド中の電子を価電子帯から伝導帯に励起して、電子が伝導帯の最下端レベルから真空中へ放出されることになるが、紫外線などによって電子励起することは実用的でない。

【0008】また、電子放出可能な形状の先端部を有するように、ダイヤモンド基板の表面上に成長させたダイヤモンド突起を有する電子放出素子用ダイヤモンド部材の提案はあるが（特開平10-312735号公報）、ダイヤモンドの負の電子親和力を効果的に利用するためには改善の余地がある。

【0009】そこで、本発明は上記の課題にかんがみ、薄型化及び平板化が可能で電子放出のしきい値電圧が小さく、ダイヤモンドの負の電子親和力を効果的に利用することのできる優れたn型ダイヤモンド電子放出素子及び電子デバイスを提供することを目的とする。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明のn型ダイヤモンド電子放出素子は、n型ダイヤモンド半導体と、n型ダイヤモンド半導体表面を水素化して負の電子親和力を有する水素化表面と、水素化表面に対向して設けたアノード電極とを備え、n型ダイヤモンド半導体を冷陰極として電子を放出する構成とした。また請求項2記載の発明は、上記構成に加え、水素化表面に対向した面上にアノード電極を一つ以上設けたことを特徴とする。さらに請求項3記載の発明は、水素化表面がマトリックス状に形成されていることを特徴とするものである。

【0011】請求項4記載の発明は、n型ダイヤモンド半導体がマトリックス状のメサ構造を有していることを特徴とする。請求項5記載の発明は、n型ダイヤモンド半導体表面の一部に酸化表面を形成していることを特徴とするものである。請求項6記載の発明は、n型ダイヤモンド半導体表面が負の電子親和力及び正の電子親和力を有していることを特徴とする。また、請求項7記載の発明は、n型ダイヤモンド半導体表面とアノード電極との距離を調節することにより電子放出しきい値電圧を可変にしたことを特徴とするものである。

【0012】このような構成のn型ダイヤモンド電子放出素子によれば、n型ダイヤモンド半導体を冷陰極としてアノード電極にしきい値電圧を印加すると、負の電子親和力を持つn型ダイヤモンド半導体が伝導帯の電子を何のバリアもなく真空へ放出する。したがって、本発明のn型ダイヤモンド電子放出素子は薄型化及び平板化が可能で電子放出のしきい値電圧がきわめて小さく、ダイヤモンドの負の電子親和力を効果的に利用して、電子を

放出することができる。

【0013】また本発明の電子デバイスのうち請求項8記載の発明では、n型ダイヤモンド半導体と、n型ダイヤモンド半導体表面を水素化して負の電子親和力を有する水素化表面と、水素化表面に対向して設けたアノード透明電極と、アノード透明電極の表面に塗布した蛍光体とを備え、n型ダイヤモンド半導体を冷陰極としてアノード透明電極により電子を引き出し、電子が蛍光体に衝突し発光する構成としている。また、請求項9記載の発明は、上記構成に加え、アノード透明電極がバイアス電圧切り換え可能な複数のアノード透明電極であって、複数のアノード透明電極ごとに蛍光体を塗布している。請求項10記載の発明は、アノード透明電極がカラーフィルターを備えていることを特徴とする。

【0014】さらに請求項11記載の発明は、水素化表面がマトリックス状に形成されていることを特徴とする。請求項12記載の発明は、n型ダイヤモンド半導体がマトリックス状のメサ構造を有していることを特徴とする。請求項13記載の発明は、n型ダイヤモンド半導体表面の一部に酸化表面を形成していることを特徴とする。また請求項14記載の発明は、n型ダイヤモンド半導体表面が負の電子親和力及び正の電子親和力を有していることを特徴とする。

【0015】このような構成の電子デバイスでは、n型ダイヤモンド半導体を冷陰極とする電子放出源から電子を引き出し、この電子が蛍光体に衝突し発光する。したがって、本発明の電子デバイスは薄型化及び平板化が可能な冷陰極電子源を有する装置を提供することができる。

## 【0016】

【発明の実施の形態】以下、図1～図7に基づき、実質的に同一又は対応する部材には同一符号を用いて、本発明によるn型ダイヤモンド電子放出素子及び電子デバイスの好適な実施の形態を説明する。図1はこの発明に係るn型ダイヤモンド電子放出素子の概略図である。図1を参照すると、本発明に係るn型ダイヤモンド電子放出素子10は、基板2上に形成されたn型ダイヤモンド半導体4と、このダイヤモンド半導体の表面を水素化して水素化表面を形成したNEA状態の表面6と、この表面近傍に設けたアノード電極7と、n型ダイヤモンド半導体の一部表面に形成されたカソード電極8とを高真空容器9内に備え、n型ダイヤモンド半導体を冷陰極として電圧を印加し電子を放出するものである。

【0017】アノード電極7は金属であればよいが、本実施の形態では金(Au)を使用した。さらに複数のアノード電極を冷陰極のn型ダイヤモンド半導体に対向させて設ければ面電子源となる。また基板2はダイヤモンド基板でよい。なお、図1中、dはアノード電極と表面との距離を示し、3は電源を示す。

【0018】n型ダイヤモンド半導体4については、イ

オウドープしたn型ダイヤモンド半導体が本発明者らによる特願平11-124682号に開示した製造方法により製造できる。本発明に係るn型ダイヤモンド半導体表面を水素化した水素化表面は、ダイヤモンド基板上にイオウをドープしたn型ダイヤモンド半導体を成長させた後、例えばマイクロ波プラズマ、高周波プラズマ、直流放電、熱フィラメント等によって励起した原子状水素を照射することにより形成することができる。さらに後述するn型ダイヤモンド半導体表面を酸化した酸化表面は、ダイヤモンド基板上にイオウをドープしたn型ダイヤモンド半導体を成長させた後、例えば酸素雰囲気中、300℃以上の温度に加熱するか、液相酸化として硝酸、クロム酸、塩素酸などの酸化力のある酸中で酸化することにより形成することができる。

【0019】図2はn型ダイヤモンド半導体の紫外線光電子放出スペクトルを示し、(a)は水素化表面、

(b)は酸化表面からのスペクトルを示す。図2に示すように、He放電による紫外線21.2eVによって、ダイヤモンド中の電子は価電子帯から伝導帯に励起され、伝導帯の最下端レベルから真空中へ放出されることになる。図2(a)からわかるように、水素化表面からの紫外線光電子スペクトルは左端の方が急峻に立ち上がっており、この急峻なピークが負の電子親和力状態を示している。また図2(b)からわかるように、酸化表面からの紫外線光電子スペクトルは正の電子親和力状態を示す。

【0020】またn型ダイヤモンド半導体を形成後、マスク処理などの選択成長により、メサ構造のn型ダイヤモンド半導体をマトリックス状に形成可能であり、さらにマスク処理により水素化表面と酸化表面とをn型ダイヤモンド半導体表面上に作り分けることも可能である。したがって、冷陰極としてのn型ダイヤモンド半導体の水素化表面を実質上マトリックス状に形成できる。この場合、各マトリックスに対応してアノード電極を設ければ、マトリックス状の各n型ダイヤモンド半導体表面から電子を放出可能にすることができる。なお、n型ダイヤモンド半導体はダイヤモンド基板上にホモエピタキシャル成長させているが、Si上のSiCヘテロエピタキシャル成長膜などを基板としてn型ダイヤモンド半導体をヘテロエピタキシャル成長させてもよい。

【0021】次に、この発明に係る電子放出の原理を説明する。図3はp型半導体とn型半導体のエネルギーバンド及び状態密度とフェルミ準位との関係を示す概念図であり、(a)はn型半導体、(b)はp型半導体を示す概念図である。なお、図3中、黒丸は電子、白丸は正孔、 $\epsilon$ はエネルギー、 $D(\epsilon)$ は状態密度、 $E_c$ は伝導帯のエネルギー、 $E_v$ は価電子帯のエネルギー、 $E_F$ はフェルミエネルギーを示す。

【0022】図3に示すように、n型ダイヤモンド半導体ではドナーイオンとともに伝導帯に伝導電子12が生

成しており、これら電子がキャリアとなって電子移動する。すなわち、この場合、伝導帯に生成した電子はダイヤモンド半導体内を拡散し、図8(b)に示したように負の親和力のため、その表面から真空中に電子が放出される。なお、図3(b)に示すようにp型ダイヤモンド半導体では固体内を移動するキャリアは正孔であり、伝導帯には電子がほとんど存在しないため、いくら表面がNEA状態となっても電子放出されようがない。

【0023】次に本発明に係るn型ダイヤモンド電子放出素子の作用について説明する。図4はアノード電極と冷陰極のn型ダイヤモンド半導体表面との距離 $d$ をパラメータにした本発明に係るn型ダイヤモンド電子放出素子の電界放出特性を示す図であり、(a)は $d$ が30 $\mu$ m、(b)は $d$ が50 $\mu$ m、(c)は $d$ が70 $\mu$ mの場合を示す。

【0024】図4に示すように、この発明に係るn型ダイヤモンド電子放出素子は一定電圧を超えると電界放出によってダイヤモンド表面から電子を放出する。そのときのしきい値電圧はこれまで知られている電界電子放出素子に比較して非常に小さく、1nAの電流を得るために必要なバイアス電圧は11.8V/mmである。さらに図3から明らかなように、しきい値電圧はアノード電極とダイヤモンド半導体表面との距離を調節することにより可変である。

【0025】n型ダイヤモンド電子放出素子はn型ダイヤモンド半導体表面を水素化してNEAを示す状態であるが、n型ダイヤモンド半導体表面を酸化してPEAを示す状態にすることもできる。図5はイオウをドープしたn型ダイヤモンド半導体の電界放出特性を示す図であり、(a)は水素化ダイヤモンド表面からの電界放出特性、(b)は酸化ダイヤモンド表面からの電界放出特性を示す。なお、アノード電極と冷陰極のn型ダイヤモンド半導体表面との距離が50 $\mu$ mである。

【0026】図5(b)に示すように、ダイヤモンド表面が酸化されている場合には表面と真空準位との関係がPEA状態にあるため、その分のエネルギーを与えないと伝導帯にある電子も真空中へ放出されない。図5

(a)に示すようにダイヤモンド表面が水素化状態にあるとNEA状態となり、n型ダイヤモンド半導体の伝導帯にある電子はほとんど何の抵抗もなく真空中に飛び出すこととなる。したがって、n型ダイヤモンド半導体表面がNEA状態に形成されているかPEA状態に形成されているかで電子放出の有無を調整可能である。

【0027】このような本発明に係るn型ダイヤモンド電子放出素子は、冷陰極としてのn型ダイヤモンド半導体とアノード電極とを電子線源として、例えば電子線回折装置、X線管及び電子顕微鏡等に利用できる。

【0028】次にこの発明に係る電子デバイスについて説明する。この電子デバイスはn型ダイヤモンド電子放出素子をFEDに適用したものであるが、電子デバイス

はFEDに限らず電子線源を必要とする装置であってもよい。

【0029】図6はこの発明に係る電子デバイスの概略図である。図6を参照すると、本発明に係る電子デバイス20は、基板2上に形成されたn型ダイヤモンド半導体4と、このダイヤモンド半導体4の表面を水素化して水素化表面を形成したNEA状態の表面6と、この表面に対向して設けられたガラス基板11と、このガラス基板上に形成されn型ダイヤモンド半導体表面と対向したアノード透明電極12と、このアノード透明電極の表面に塗布された蛍光体14と、n型ダイヤモンド半導体の一部表面に形成されたカソード電極8とを高真空容器16内に備えている。

【0030】この高真空容器16は、 $10^{-8}$  Torr 以下の気圧に設定しておくのが望ましい。なお、図6中、3は電源を示し、18の矢印は見る方向を示す。

【0031】図6に示した例では、蛍光体14はアノード透明電極12全面に塗布されているが、バイアス電圧の切り換え可能な複数のアノード透明電極をガラス基板上に形成し、この複数のアノード透明電極ごとに对应して蛍光体を塗布し画素としてもよい。さらに各画素ごとにR、G、Bのカラーフィルターを設けるのが望ましい。

【0032】このような構成の電子デバイスでは、バイアス電圧を印加し、n型ダイヤモンド半導体4を冷陰極として、アノード透明電極12により電子を真空中に引き出し、アノード透明電極12に塗布された蛍光体14に衝突させて発光させるものである。さらに上述したように、冷陰極としてのn型ダイヤモンド半導体の水素化表面を実質上マトリックス状に形成して電子源とし、各アノード透明電極に形成した画素に対応して電子を放出するように制御することも可能である。

【0033】図7は図6で示した電子デバイスを矢印18方向から撮影した発光写真である。図7の白い輝点は本発明に係る電子デバイスの蛍光体が実際に光っていることを示す。このように本発明に係る電子デバイスでは、電子親和力が負のn型ダイヤモンド半導体を冷陰極として用いているため、きわめて低いバイアス電圧で電子を引き出して画素に衝突させ発光させることができる。

#### 【0034】

【発明の効果】以上の説明から理解されるように、この発明のn型ダイヤモンド電子放出素子は、薄型化及び平板化が可能で電子放出のしきい値電圧が小さく、ダイヤモンドの負の電子親和力を効果的に利用して、電子を放出することができるという効果を有する。また本発明の電子デバイスでは、薄型化及び平板化が可能な冷陰極電子源を有する装置を提供することができるという効果を有する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係るn型ダイヤモンド電子放出素子の概略図である。

【図2】この発明に係るn型ダイヤモンド半導体の紫外線光電子放出スペクトルを示す図である。

【図3】p型半導体とn型半導体のエネルギーバンド及び状態密度とフェルミ準位との関係を示す概念図である。

【図4】アノード電極と冷陰極のn型ダイヤモンド半導体表面との距離dをパラメータにした本発明に係るn型ダイヤモンド電子放出素子の電界放出特性を示す図である。

【図5】イオウをドーブしたn型ダイヤモンド半導体の電界放出特性を示す図である。

【図6】この発明に係る電子デバイスの概略図である。

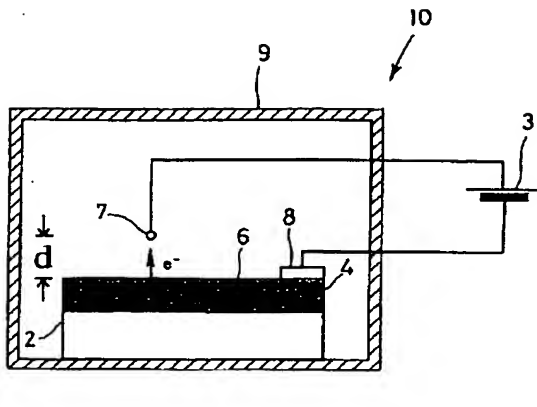
【図7】この発明に係る電子デバイスを外部から撮影した発光写真である。

【図8】半導体ダイヤモンドのバンド図と真空中での電子準位（真空準位）との関連を示す図である。

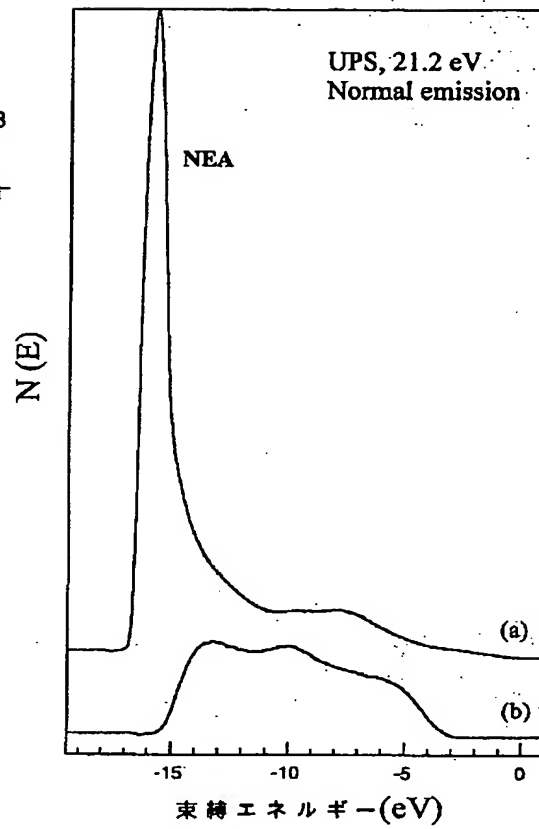
#### 【符号の説明】

- 2 基板
- 4 n型ダイヤモンド半導体
- 6 表面
- 7 アノード電極
- 8 カソード電極
- 9, 16 高真空容器
- 10 n型ダイヤモンド電子放出素子
- 11 ガラス基板
- 12 アノード透明電極
- 14 蛍光体
- 20 電子デバイス

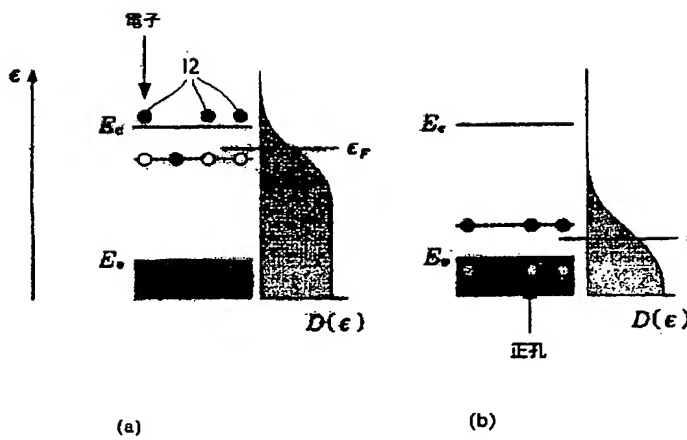
【図 1】



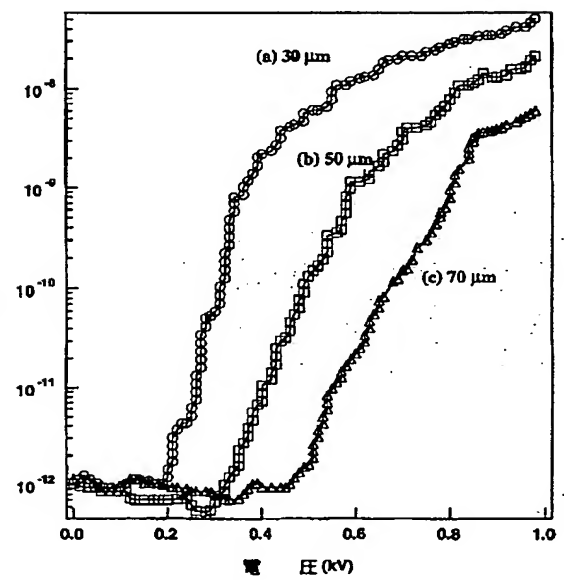
【図 2】



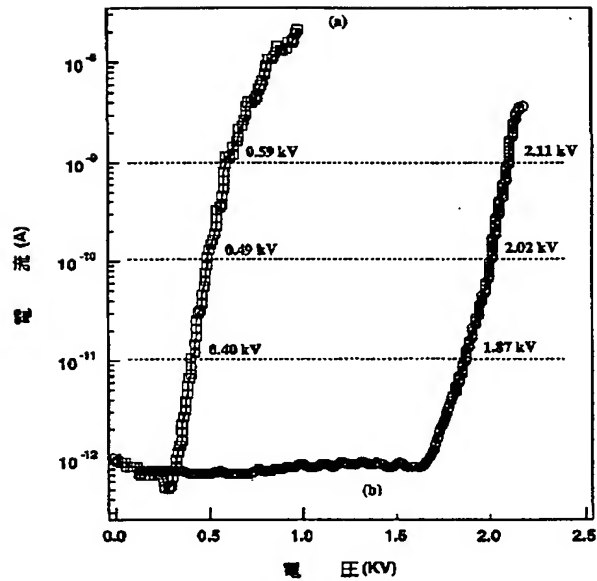
【図 3】



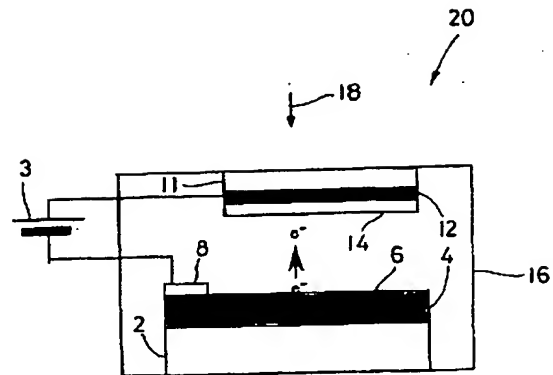
【図 4】



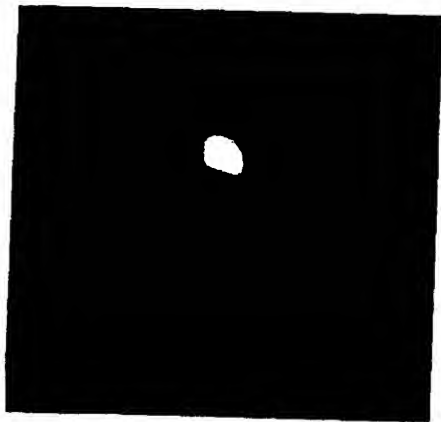
【図5】



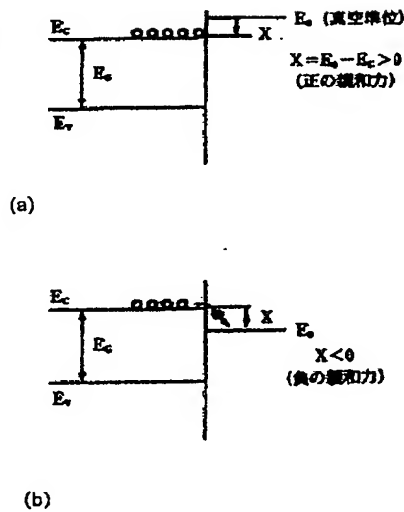
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 洋一郎  
茨城県つくば市並木1-1 無機材質研究  
所内

(72)発明者 蒲生 美香  
茨城県つくば市二の宮1-25-13 ルネス  
柳橋302

Fターム(参考) 5C031 DD09 DD17  
5C035 BB03 BB10  
5C036 EE01 EE03 EE14 EF01 EF06  
EF09 EG12 EH04

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**